

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s): TETSUKA, ET AL.
Serial No.: Not yet assigned
Filed: February 24, 2004
Title: PLASMA PROCESSING APPARATUS AND PLASMA
PROCESSING METHOD
Group: Not yet assigned

LETTER CLAIMING RIGHT OF PRIORITY

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

February 24, 2004

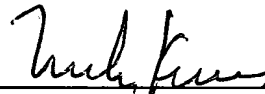
Sir:

Under the provisions of 35 USC 119 and 37 CFR 1.55, the applicant(s) hereby claim(s) the right of priority based on Japanese Patent Application No.(s) 2003-425594, filed December 22, 2003.

A certified copy of said Japanese Application is attached.

Respectfully submitted,

ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP



Melvin Kraus
Registration No. 22,466

MK/alb
Attachment
(703) 312-6600

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年12月22日

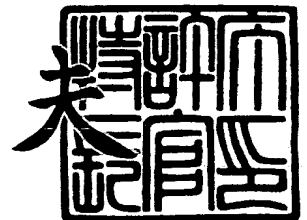
出願番号
Application Number: 特願2003-425594
[ST. 10/C]: [JP 2003-425594]

出願人
Applicant(s): 株式会社日立製作所
株式会社日立ハイテクノロジーズ

2004年 1月30日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井 康



出証番号 出証特2004-3004952

【書類名】 特許願
【整理番号】 160300103
【提出日】 平成15年12月22日
【あて先】 特許庁長官 今井 康夫 殿
【国際特許分類】 H01L 21/02
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社 日立製作所 中央研究所内
 【氏名】 手束 勉
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社 日立製作所 中央研究所内
 【氏名】 池永 和幸
【発明者】
 【住所又は居所】 山口県下松市東豊井794番地 株式会社 日立ハイテクノロジーズ 笠戸事業所内
 【氏名】 小野 哲郎
【発明者】
 【住所又は居所】 山口県下松市東豊井794番地 株式会社 日立ハイテクノロジーズ 笠戸事業所内
 【氏名】 吉開 元彦
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社 日立製作所 中央研究所内
 【氏名】 板橋 直志
【特許出願人】
 【識別番号】 000005108
 【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所
【特許出願人】
 【識別番号】 501387839
 【氏名又は名称】 株式会社 日立ハイテクノロジーズ
【代理人】
 【識別番号】 110000062
 【氏名又は名称】 特許業務法人 第一国際特許事務所
 【代表者】 沼形 義彰
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 145426
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

高周波を印加して反応室内にプラズマを生成させ、試料を印加した試料台に第 2 の高周波を印加し試料へのイオンエネルギーを制御して試料をプラズマ処理する処理装置において、

前記反応室内壁で前記プラズマが直視する表面部を誘電体で被覆し、該誘電体被覆部の一部に導電部を設け、該導電部に DC アースを具備したことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 2】

請求項 1 記載のプラズマ処理装置において、
前記誘電体は、プラズマが直視する全表面積の 90% 以上を被覆し、前記導電部は、前記反応室内壁の 10% 未満の面積としたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 3】

請求項 1 記載のプラズマ処理装置において、
前記誘電体は、前記反応室内壁の 0.1% から 10% 未満の面積としたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 4】

請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか 1 項記載のプラズマ処理装置において、
前記高周波または前記第 2 の高周波に対して、前期反応室の誘電体内壁または前記反応室内壁に設けたアース部材表面におけるプラズマ浮遊電位が同等以上である位置に前記 DC アースを設置したことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 5】

請求項 1 ないし請求項 4 のいずれか 1 項記載のプラズマ処理装置において、
前記誘電体の材質は SiC、ボロンカーバイド、アルマイト等の炭化物、酸化物もしくは窒化物等の絶縁性セラミックからなる保護膜であり、被覆厚さ d は、試料に印加する前記高周波の周波数 f と前記誘電体の誘電率 ϵ との関係が、前記高周波が前記誘電体部を容量結合で伝播する場合の単位面積あたりのインピーダンス $R = d / (2\pi f \epsilon)$ が $100 \Omega / m^2$ 以下としたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 6】

請求項 1 ないし請求項 5 のいずれか 1 項記載のプラズマ処理装置において、
反応室の外部に設けた磁場発生手段によりプラズマに磁場を印加し、前記反応室の導電体内壁または前記反応室内壁に設けたアース部材と交差する磁力線よりも前記試料台に近い磁力線と交差する位置に前記 DC アースを設置したことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 7】

請求項 1 ないし請求項 6 のいずれか 1 項記載のプラズマ処理装置において、
前記 DC アースの母材またはプラズマと接する面の保護膜が導電性セラミック、SiC、Al、Al 化合物で構成されていることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 8】

請求項 1 または請求項 6 記載のプラズマ処理装置において、
前記 DC アースの母材を金属以外の材質、例えば導電性セラミック、SiC、Al 化合物等で構成する場合、前記 DC アースの取付面に導電率 σ が $1 \Omega \cdot cm$ 以下の導電材を蒸着、溶射、挟み込み等することにより前記 DC アースの接地抵抗を下げたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 9】

高周波を印加して反応室内にプラズマを発生させ、試料を載置した試料台に第 2 の高周波を印加し試料へのイオンエネルギーを制御して試料をプラズマ処理するプラズマ処理方法において、

前記反応室内壁で前記プラズマが直視する表面の 90% 以上の面積を誘電体で被覆し、前記反応室内壁の 10% 未満の面積の接地された導電部からなる DC アースを備え、
前記試料から最も近い前記反応室内壁におけるプラズマ浮遊電位よりも、プラズマ浮遊電

位が高くなる位置に前記DCアースを備えた前記反応室内で試料をプラズマ処理することを特徴とするプラズマ処理方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】プラズマ処理装置および処理方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、プラズマ処理装置および処理方法にかかり、試料への高周波印加に伴う反応室内壁の損傷が少なく、長期間安定処理が可能となるプラズマ処理装置および処理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体製品の製造に用いるプラズマ処理装置は、デバイスの微細化および高集積化ならびに構成材料の多様化に伴って、処理の高精度化だけでなく量産安定化およびクリーン化が重要視されている。例えば、プラズマエッチング装置では、反応性ガスのプラズマを用いて処理ウエハに高周波を印加することから、反応室内壁が高周波電力によるイオンスパッタで削れたり、反応性ガスにより反応室壁材が化学的に侵食される。このように壁材が削れたり侵食されると、壁材に含まれる金属が処理ウエハに混入しLSI回路性能を劣化させるとともに反応室内の化学組成や高周波伝播が徐々に変化するために、長期的に安定した処理が不可能になる。また、壁材と反応性生物が化学反応を起こし反応容器内壁に汚れとして付着する場合には、長期間にわたって次第に厚さが増した付着物が剥がれはじめると、微細異物となってウエハ上回路に混入し製品の不良率増大を引き起こす。

【0003】

このような問題に対処するために、近年のプラズマ処理装置では、反応室内壁や試料台等の構造物表面を、化学反応に対し安定なアルマイトのような非導電（誘電体）材質で表面処理したり、石英や高分子材で覆うことが行われている。

【0004】

しかし、プラズマを発生する領域を誘電体で覆うと、プラズマから拡散する荷電粒子の流れが不安定になってプラズマ電位が変動するために安定した処理が困難になったり、変動する電位のために処理ウエハへのダメージが発生する場合がある。図6は、反応室内壁の全面をアルマイト処理したアルミニウムで構成したプラズマエッチング装置において、電圧測定用センサをアルマイト処理したアルミニウム製反応室の内壁に取り付けてプラズマ処理中の内壁表面の電位波形をオシロスコープで測定した結果である。

【0005】

一方、反応室内壁表面の誘電体膜部分を模式的に説明する図7に示すように、周波数 f Hz の高周波に対しては、誘電体であるアルミナ膜 102 は、プラズマ 9 と反応室内壁 101 に挟まれた厚さ d のコンデンサと等価であり、高周波は伝播可能となり、アルミナ膜があっても高周波に対してはアースとして機能する。

【0006】

このときの処理条件は、典型的なエッチング処理の一例で、反応性ガスとしては CF_4 ガスを用いて圧力 2 Pa でプラズマを放電し、12 インチサイズの Si ウエハに周波数 400 kHz の高周波を 140 W 印加している。この例では、図6から分かるように、内壁表面の電位は、印加する高周波に同期して 400 kHz で変動するとともに、高周波電力（バイアス電力）によっても DC 的に電位が変動することがわかる。この内壁表面の電位変動は、処理条件によっても変化し、特に DC 的な電位変動は再現性も無く放電条件によっては不安定挙動を示す。すなわち反応室内壁 101 の表面の電位は、印加されるバイアス電力が低いほど負の電位に維持され、印加されるバイアス電力が大きくなるほど正の電位に維持される。図6の場合では、DC 的な電位変化は最大で 20 V 以上になる。

【0007】

反応室内壁近傍のプラズマの電位とイオンスパッタによる壁削れとの関係を、図8を用いて説明する。反応室内壁前面のプラズマの電位は、プラズマと壁との間にシースが形成され、正イオンを内壁に向かって加速する。イオンの加速エネルギーは、シース端のプラズマ電位（イオン加速電位） V_1 に依存し、プラズマ電位 V_1 が高くなるとイオンの加

速エネルギーが高くなりイオンが内壁をスパッタして壁表面を削る程度が増大する。したがって、図6のように、プラズマ電位がDC的に20V程度変動すると、プラズマからのイオン加速電圧が20V高まって壁材をスパッタすることとなり、壁削れ速度が高まる結果となる。

【0008】

また、このようなプラズマの電位変動が起こると、処理ウエハ面内に電場が誘起され、ウエハ上に形成された回路に電氣的ダメージを与えてしまい、製品の特性劣化や不良率の増大を招く。

【0009】

誘導結合型プラズマエッチング装置では、誘電体真空窓の外部の誘導コイルで高周波を印加しプラズマを生成するために反応室内部に電位基準となる電極が無く、プラズマの電位が変動しやすくウエハに作成した回路にダメージが発生する問題があり、電位の基準となるアースポイントをプラズマ反応室内に設けていた（例えば、特許文献1参照）。この場合には、設置したアースポイントの構造は、導電性金属材料からなり絶縁性セラミック等の保護膜を形成しても良いとの記述から、DC的なプラズマ電位変動を考慮しておらず、アースポイント表面の絶縁性保護膜を導通可能な高周波のプラズマ電位変動のみを想定している。また、アースポイントを設ける場所に関しては、プラズマ反応室で発生するプラズマに対して影になる位置でも良いとの記載がある。この方式では、DC的な電位変動に関しては必ずしも電位安定化がなされず、アースポイント表面に絶縁体保護膜を形成した場合には、図6に示したようなDC的電位変動を低減することはできない。また、アースポイントを設置する場所に関しても、プラズマ反応室の高密度プラズマ部に設けておらず、プラズマ電位をDC的に安定化する効果は低い。

【0010】

他方、マイクロ波プラズマエッチング装置の試料台を周方向から取り囲むように設けられたアルマイト処理されたアルミニウム合金母材で構成されたアース電極において、長期間の処理によってアルマイト被覆が剥がれることで処理状態が変動することを改善するために、アルマイトが剥がれてしまう個所を前もってアルマイトを付けずにアルミニウム合金母材を露出させることで処理状態の変動を低減するプラズマ処理装置が提案されている（例えば、特許文献2参照）。このような構成では、アルマイトが剥がれる個所が決まっており、アース電極の上端部である。また、アルミニウム合金母材を露出させる面積も剥がれてしまう面積相当であり、処理ウエハの面積の2%以下である。したがって、この先行技術では、アルマイトが剥がれることによる処理状態の変化を抑えることについての効果のみの記載であり、プラズマの電位変動を抑えたりアース削れ低減についての考慮等がされていない。

【0011】

プラズマ処理を行う場合に、形成されるLSI回路の特性劣化を防ぐためには、ウエハへの反応容器内壁からの金属不純物の混入を低減することが重要である。そのために、反応室内面を化学的にも安定な絶縁性の保護膜で覆うことが必須になってきた。しかし、反応室内面を絶縁性材の保護膜で覆ってしまうと、プラズマが不安定になりLSI回路に損傷をあたえたり、長期間の処理の安定性が悪化するという問題が明らかになってきた。

【0012】

そこで、上記問題を解決しようとして、上記特許文献1に記載されるように、アースポイントを設けただけでは、プラズマの電位変動を安定化する効果だけしか期待できず、ウエハに印加する高周波によるイオンスパッタで反応容器が削れることに対する防止策は期待できなかった。すなわち、アースポイントを設置する場所が、プラズマ反応室のコーナ一部である場合には、接触するプラズマ密度が低くなってしまうので、アース近傍のプラズマとアースポイント間の電気抵抗が大きくなり、その間での電位降下が生じてしまい接地電極としての機能が低くなる。また、アースポイント表面に絶縁材で保護膜を設けた場合には、直流または低周波の電位変動に対してはプラズマ電位を安定化させることはできない。さらに、このアースポイントを設けることによる反応室容器内壁またはウエハに印

加する高周波に対するアースの削れを低減することについては考慮されていない。

【0013】

他方、特許文献2に示される方法は、プラズマ反応室内のアースの削れ易い先端部を予めアルマイトを取り除いておくものであり、長期間の処理の変動を低減することは可能であるが、アースの削れを低減するものではない。逆に、ウエハを載置する電極の側面に位置するアルミ合金母材からなるアースの先端部の保護膜であるアルマイトをなくしアルミニウム合金の母材が直接プラズマに曝され、アルミニウムが直接イオンスパッタされてウエハ上に混入しやすくなるという問題がある。また、エッチング処理に用いる反応性ガスが母材に接触してしまい、化学反応による母材の損傷およびウエハへの金属混入が増大するおそれがある。

【0014】

一般に、壁表面に発生する電位分布は、図8に示すように壁方向に電位が低下する分布を形成し、イオン拡散を増大させる。このとき形成されるイオンを加速する定常的な電位差は、理論的には電子温度の数倍（アルゴンプラズマの場合は4.7倍）であり数Vから十数V程度になる（非特許文献1参照）。

【0015】

ただし、処理すべき試料へのイオン照射を目的としてウエハに高周波を印加する場合には、内壁表面の電位が高周波の周波数で変動し、高周波電力が高くなると内壁表面での電位変動強度も増大しイオンが内壁表面をスパッタするときのエネルギー（V1）が高まり壁削れが助長される。例えば、絶縁膜をエッチングする場合には、比較的高エネルギーのイオン照射によって表面反応を促進することが必要になり、直径300mmのウエハに対して200W程度の高周波を印加する。このときのウエハ位置での電位の最大最小振幅は1000V程度になり、このウエハ電位の変動によって反応容器壁の近傍のプラズマ電位（V1）が印加する高周波の周波数で最大で数10V程度と高電位になり、この電位変動でイオンが加速されると反応容器内壁をスパッタし、壁材であるアルミニウムおよび含有する金属元素がプラズマ内に混入しやすくなる。

【特許文献1】特開2001-23967号公報

【特許文献2】特開2001-267299号公報

【非特許文献1】「プラズマ／プロセスの原理」著者M. A. Lieberman、
訳者佐藤久明、EDリサーチ社2001年発行、P116

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0016】

本発明は、以上のような問題点に着目し、これを解決すべく発明されたものである。すなわち、本発明の目的は、プラズマを不安定にすることなく反応容器からの不純物混入を低減することのできるプラズマ処理装置およびプラズマ処理方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0017】

上記課題を解決するために、本発明は、反応室内壁の90%以上の面積を誘電体で被覆し、前記内壁の10%未満の面積を有しプラズマから直流電流が流れる構造である接地された導電体からなるDCアースを反応室内壁に備えた。また、壁削れが比較的大きい試料台（ウエハ保持電極）に近い位置のプラズマ浮遊電位（またはプラズマ密度）よりもプラズマ浮遊電位（またはプラズマ密度）が高い位置に、DCアースを設置する。

【0018】

本発明は、上記誘電体をSiC、ボロンカーバイド、アルマイト等の炭化物あるいは酸化物もしくは、窒化物等の絶縁性セラミックからなる保護膜であり、被覆厚さdは試料に印加する前記高周波の周波数fと前記誘電体の誘電率εとの関係が、前記高周波が前記誘電体部を容量結合で伝搬する場合の単位面積当たりのインピーダンス $R = d / (2\pi f \epsilon)$ を、 $100 \Omega / m^2$ 以下とした。

【0019】

さらに、本発明は、反応室の外部に磁場発生手段を設け、この磁場発生手段によりプラズマに磁場を印加し、前記試料から最も近い内壁と交差する磁力線よりも試料台に近い磁力線と交差する位置にDCアースを設けた。

【0020】

本発明は、前記DCアースの母材自体またはプラズマと接する面に設けた保護膜を、導電性セラミック、SiC、Al、Al化合物から構成した。

【0021】

本発明は、DCアース母材を、金属以外の材質である例えば導電性セラミック、SiC、Al、Al化合物で構成する場合に、DCアースの取付面に誘電率 ϵ が $1\Omega\text{m}$ 以下の導電材を蒸着、溶射、挟み込み等により設けて、DCアースの接地抵抗を下げた。

【発明の効果】

【0022】

本発明の構成によれば、プラズマ反応室の金属製内壁材からの金属不純物混入を低減するために内壁を化学的に安定な保護膜で覆っても、内壁近傍のプラズマがDC的にアースされるので、プラズマが不安定になったりLSI回路に損傷をあたえることがない。また、図9に示すように、プラズマの電位 ϕ_p が高い位置にDCアースで接地されるため、反応室内壁部またはアース部のプラズマ電位が低減する。したがって、プラズマからのイオン加速電圧が下がりイオンスパッタによる壁削れを低減することができる。

【0023】

すなわち、プラズマを構成する荷電粒子である電子とイオンの内、質量が小さく高速で拡散する電子を引戻す電場がプラズマ内に自然発生する。その結果、プラズマ内部には図9に示すようなプラズマ電位（またはプラズマ密度）分布が形成される。プラズマの電位は、プラズマ生成部で高く、荷電粒子が拡散する反応室内壁に向かって電位は次第に減少する。この場合のプラズマ内電位差は、装置構成やプラズマ生成方式さらに放電ガス種等によって変わるが、通常のプラズマでは電子のエネルギーは数eVでありプラズマ内発生する電位差は数Vから数10Vになる。また、一般にプラズマ生成部のプラズマ密度は高く、そこから反応室内壁等に向かって拡散していくため次第にプラズマの密度は低下する。したがって、DCアースを設置すべき高プラズマ電位となる位置は、反応室内壁部近傍よりもプラズマ密度が高い位置に相当する。

【0024】

そのため、壁削れを抑えるべき反応室容器内壁位置またはアース部位置（反応室内壁）よりもプラズマ生成領域に近い位置（プラズマ密度が高い位置）にDCアースを設置することで、削れが問題となる内壁部またはアース部のプラズマ電位を δ V低減することができる。

【0025】

反応室内壁の保護膜として化学的に安定な材質であるSiC、ボロンカーバイド、アルマイト等の炭化物、酸化物もしくは窒化物等の絶縁性セラミックからなる保護膜を用い、被覆厚さdは、試料に印加する前記高周波の周波数fと前記誘電体の誘電率 ϵ との関係が、前記高周波が前記誘電体部を容量結合で伝播する場合の単位面積あたりのインピーダンス $R = d / (2\pi f \epsilon)$ を $100\Omega/\text{m}^2$ 以下とすることで、高周波に対しては保護膜のインピーダンスRを低くでき、高周波に対してのアースとしての機能を低下しない。その結果、反応室内壁を保護膜で覆っても、壁またはアース部に流入する高周波電流に対する保護膜のインピーダンスが増加し、プラズマ電位変動が高くなることが抑えられ、イオンスパッタによる壁削れの増加を防げる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0026】

図1を用いて、第1の実施例の形態にかかるプラズマ処理装置の一例である、UHF帯の電磁波を用いたプラズマエッチング装置について説明する。プラズマエッチング装置は、反応室1を形成する反応室容器10と、誘電体真空窓12と、ガス放出穴131が設けられたガス放出板13と、ウエハ4が載置される試料台として働くウエハ保持電極14と

、磁場コイル15と、反応室容器10内を減圧状態に維持する排気口16と、プラズマ生成用高周波電源18から高周波が印加され反応室内にプラズマ9を生成させるプラズマ生成用高周波電極17と、ウエハ保持電極14にバイアス用高周波電力を供給するウエハバイアス用高周波電源19と、DCアースとして働く反応室容器10に電氣的に接続された導電材21aとを有して構成される。反応室容器10の内壁101表面は、絶縁材質102によって覆われている。

【0027】

プラズマ処理を行う反応室1は、上部にプラズマ9生成用のUHF帯電磁波を導入する誘電体真空窓12と反応性の処理ガスを導入するガス放出穴131を有する誘電体製のガス放出板13が設けられており、エッチング処理による反応生物等の排気は反応室1下方の排気口16より真空排気される。反応室容器10の内壁101の表面はアルミニウム合金母材の表面をアルマイト処理し絶縁材質（誘電体）102により保護膜が形成されている。エッチング処理されるウエハ4は、ウエハ保持電極（試料台）14上部に設けた誘電体膜で形成された図示を省略した静電チャックに載置され、ウエハ4を静電力により吸着する。ウエハ4と静電吸着膜との間にはヘリウムガスを充填することで電極14との熱伝達を確保してウエハ4の温度が制御される。また、ウエハ保持電極14にはウエハ4にバイアス高周波を印加するためのウエハバイアス用高周波電源19が接続されている。

【0028】

エッチング処理に用いるには、反応室1内に反応性ガスを典型的には0.5Paから10Pa程度の圧力を保持しながらガス放出板13より放出した状態で、磁場コイル15により反応室1内に磁場を印加し、プラズマ生成用高周波電源18の出力を反応室1上部に置かれたプラズマ生成用高周波電極17から反応室1内に放射し、反応室1内にプラズマ9が生成される。

【0029】

プラズマ生成に用いるガス種は、処理の目的によって変わるが、例えばSi系のエッチング処理を行う場合には、 Cl_2 、 HBr 、 CF_4 、 SF_6 等の反応性ガスと O_2 、 Ar 等のガスとを組み合わせ用いられる。これらの反応性ガスは、反応室容器10を構成する導電性材質、一般にはアルミニウム合金やステンレス等と化学反応し、内壁101に損傷を与えたり、壁材から AlCl や AlF 等の化学反応生成物としてプラズマ中に入った金属化合物がウエハ上に形成された回路素子に混入すると、回路素子の電気特性に影響し性能劣化の原因となる。

【0030】

そのような壁材からの金属汚染を防ぐために、本発明では、アルミニウム合金の表面をアルマイト処理し、プラズマと接触する部分を化学的に安定なアルマイト（誘電体膜）で保護している。アルマイトで保護膜を形成する領域は、少なくとも高密度のプラズマが直視する壁部分であることが必要である。ただし、金属汚染を低減する観点からは、反応室の一部だけではなくプラズマが拡散し接触する可能性のある排気口16部を含めた内壁全面に保護膜を設けることが有効である。

【0031】

反応室1に印加する磁場は、高周波電源18から出力されるUHF帯の高周波で加速されるプラズマ内の電子を効率良く保持しプラズマ生成効率を高めるとともに、磁力線形状によって生成されたプラズマのウエハ位置への輸送を操作し、プラズマ分布を制御する働きをする。反応室1内のプラズマ9の密度分布は、生成領域である反応室1上部で最も密度が高く、その生成領域から反応室1の壁に向かって拡散、輸送するに従い密度が低下していく。このとき、磁場が印加されていると、電子およびイオンは磁力線を横切る方向へはローレンツ力が働くために輸送されにくくなるので、反応室内壁101近傍および電極14近くの下流位置のプラズマ分布は、磁場配位に大きく依存する。

【0032】

図2を用いて、反応室1内のプラズマ密度の分布状態を説明する。プラズマ9の等高線91は、磁場がある場合のプラズマ密度分布の概略を示している。プラズマの密度は、磁

場コイル15によって生成される磁力線50に沿った方向に密度変化が小さく、磁力線50を横切る方向には密度変化が大きい。プラズマ中の電位分布も概略密度分布に対応し、磁力線に沿った方向には電位差は小さく、磁力線を横切る方向にはプラズマの電位差が大きい。図1および図2の例では、導電材21a, 21dをプラズマ密度およびプラズマ電位が反応室1の内壁101の側壁に比較して高密度となる位置に設置されている。すなわち、図1においては、内壁101の側壁におけるプラズマ電位と略同電位位置に、図2においては、内壁101の側壁におけるプラズマ電位よりも高い電位となる位置に達するように導電材21dが配置されている。導電材21の形状および配置方法に関しては、例えば矩形状の導電材1個を試料台近くに取付けてもよい。ただし、処理の高精度な対称性が要求される場合には、試料台の周りの等距離の位置に複数個の導電材21を配置するか、試料台を囲むリング形状の導電材21が有効である。導電材21は、プラズマからの直流電流が流入可能であるように、導電性材質が直接プラズマと接触し、流入した直流電流がアースに流れるべく接地された導電性金属の反応室容器10に接続されて設置され、または結線により接地されている。

【0033】

DCアースは、試料台（ウエハ保持電極）に印加した高周波電流の多くが流れて壁削れが生じやすい試料台に近い位置の内壁101におけるプラズマ浮遊電位よりもプラズマ浮遊電位が高い位置に設けられる。このことにより、内壁101の表面近傍のプラズマ浮遊電位は、DCアースによって設置電位または負電位に引き下げられ、イオンによるスパッタ現象を引き起こし難くなる。プラズマ発生方法や反応容器10の形状および壁材料構成によっては高周波電流が流れる内壁またはアース部位置が異なるため、スパッタを低減すべき個所に対応してDCアースを設ける位置を最適化する必要がある。また、プラズマに磁場を印加し、磁場配位を操作しプラズマ電位分布（密度分布）を調整することによって、さらなるDCアースの効果を最適化できる。

【0034】

図1に示す構造において、反応室1の内壁101の側壁表面の電位波形をオシロスコープで測定した結果を図6および図3に示す。電位の測定位置は、間隔100mmで配置されたウエハ4とガス放出版13との中間位置の高さにおける内壁101の側壁上で測定した。この測定では、放電ガスとしてCF₄を用い、圧力を2Paとし、放電電力を500Wで放電させた場合である。直径300mmウエハ4へ印加するバイアス高周波は周波数400kHzで電力を50Wから160Wの範囲で変化させている。図6に示すように、DCアースとして働く導電材21を設けない場合には、測定された内壁表面電位はウエハへ印加したバイアス高周波の周波数で約5V程度変動するとともに、バイアス電力とともに直流電位が大きく変動していることが分かる。直流電位の変動の程度は、この場合、約-12Vから14Vの範囲で変化しており電位変化は約26Vである。一般に、イオンスパッタの閾値エネルギーは10数V程度であり、約26Vの電位変動はイオンスパッタを増大させるに優位な値である。

【0035】

反応室1内部に導電材21aを設けた場合を、図3に示す。この測定では、実験的に用いた導電材21aは、面積50mm×60mmの形状を有するステンレスシート（0.1t）で、取付位置は図1に示す位置であり、図1に示されない反応室1の内壁101の側面下端のアルマイト102表面に保持しケーブルを用いて接地した。このように導電材21aによって図1に示す位置でプラズマを接地すると、反応室1の内壁101表面電位は、400kHzで5V程度変動するが、図6のようなバイアス高周波の電力による直流電位の変動は抑えられ、変化が大幅に低減するばかりでなく、電位波形全体が負電位に保持される。この結果、プラズマからのイオン加速電位差が低減することとなって、壁削れが抑えられ、壁からの金属混入を防ぐことができる。

【0036】

反応室内壁101の保護膜（誘電体膜）102として化学的に安定な材質であるSiC、ボロンカーバイド、アルマイト等の炭化物、酸化物もしくは窒化物等の絶縁性セラミッ

クからなる保護膜を用い、被覆厚さ d は、試料 4 に印加するプラズマ生成用高周波の周波数 f と誘電体の誘電率 ϵ との関係が、前記高周波が前記誘電体部を容量結合で伝播する場合の単位面積あたりのインピーダンス $R = d / (2 \pi f \epsilon)$ を $100 \Omega / \text{m}^2$ 以下とすることで、高周波に対しては保護膜のインピーダンス R を低くでき、アースとしての機能を低下しない。その結果、反応室内壁を保護膜で覆っても、壁またはアース部に流入する高周波電流に対する保護膜のインピーダンスが増加し、プラズマの電位変動が高くなることが抑えられ、イオンスパッタによる壁削れの増加を防げる。

【0037】

このプラズマへの金属混入を、反応室 1 上部の石英製ガス放出板 13 に付着したデポ物に含まれるアルミニウム含有量によって評価した。すなわち、壁材であるアルミニウム合金からプラズマ中にアルミニウムが混入すると、エッチング処理で広く用いられるフッ素系ガスと反応して化学的に安定な AlF 化合物を形成し、反応室 1 内にデポとして堆積されやすく異物発生の原因となる。そこで、デポに含まれる Al の低減を目的に、DC アースを形成する導電材 21 の面積を変えて壁削れ低減の効果を調べた結果を、図 4 に示す。図 4 に示すように、デポに含まれる Al 量は、導電材 21 の面積に反比例して減少する。 Al 量の低減効果は、DC アース面積が 5 cm^2 のときにアルミニウム含有量が約 $1/3$ 低減し、面積が 33 cm^2 のときに約 $2/3$ 低減して飽和傾向を示すことがわかる。したがって、必要な DC アースの面積は、本実験の場合では約 5 cm^2 以上で約 33 cm^2 程度以下で良いことが判明した。このときの導電材の面積は、反応室 1 の側壁の面積に比較して約 0.3% から約 2.5% に相当する。したがって、一般には、バイアス高周波の実効的なアースである、側壁面積の 0.3% から 2.5% 程度の導電材面積を設けることが壁削れに効果がある。ただし、平行平板型プラズマ装置や誘導 RF プラズマ装置等のように装置構成による効果の差異を考慮すると、望むべきは高周波の実効的なアースとして機能する反応室壁面積の 10% 程度未満の面積であれば確実である。また、DC アース面積を広く取れない場合には反応室壁面積の 0.1 パーセントでも約 $1/10$ の低減効果は期待でき有効である。

【0038】

プラズマ処理の状況によっては、DC アースの表面にエッチングの反応生成物や CVD 処理の成膜物が付着し DC アースへの直流電流の流入が阻害されたり、付着量が多い場合には直流に対してアースとして機能しなくなる。そこで Si 系のエッチング処理の場合には、従来の塩素または HBr との混合ガスで処理するが、さらに Si 系反応生成物を除去する効果を有するフッ素系ガス (SF_6 等) を混合することで DC アース表面への Si 系反応生成物の付着を抑え DC アースの機能を安定維持できる。または、通常のエッチング処理をウエハ 1 枚または複数枚行った後にフッ素系ガスや塩素系ガスとの混合ガスを用いてプラズマを発生させ、DC アース表面の付着物を除去することも DC アースの効果維持に有効である。

【0039】

導電材 21 の構造に関する実施例を図 5 に示す。導電材 21 の材質は、塩素等の反応性ガスに対する耐性を考慮すると導電性セラミックや SiC 等が有効である。導電材 21 を取り付けの方法としては、図 5 (a) に示すように、導電材 21 とアースされた反応室内壁 101 表面との電気的接触を確実にするために取付面に反応室容器 10 と導電材 21 との双方に接触性の良い導電材 33 を蒸着等により設け、導電材からなるネジ 31 を用いて取り付けの方法が有効である。

【0040】

また、図 5 (b) に示すように、金属製の導電材 32 のプラズマと接する面に SiC や導電性セラミックを CVD や溶射によって形成して導電材 21 とし、導電材料からなるネジ 31 によって反応室内壁 101 に取りつける構造とすることで、反応性ガスに対する保護膜となり長期間安定してアースとして機能する。

【0041】

また、図 5 (c) に示すように、金属製の導電材ネジ 31 のプラズマに接する部分に導

電性の保護膜 21 を形成し、導電性ネジ 31 を設ける構造とすることで、導電材 21 を小型で安価で簡単に反応室内壁 101 に取り付けることができる。

【0042】

図 5 (a) の取り付け方法では、導電材 33 を設けた趣旨からして、容器内壁 101 面の導電材 21 を取りつける部分は、絶縁材で覆われていないことが必要であるが、図 5 (b)、(c) の取り付け方法で示したように、導電材 21 と反応室内壁 100 とは導電性ネジ 31 によって導通するので、反応室内壁 100 の表面が絶縁材で覆われていても、問題はない。

【0043】

このように、DC アースの母材を金属以外の材質である、導電性セラミック、SiC、Al、Al 化合物で構成する場合に、DC アースの取付面に誘電率 σ が $1\Omega\text{m}$ 以下の導電材料を蒸着または溶射もしくは挟み込み等により介在させることによって、DC アースの接地抵抗を下げるができる。さらに、本発明は、以上に説明したプラズマ処理装置やその構造に限らず、処理室の内壁がプラズマによってスパッタされて被処理体に悪影響を与えることを阻止する目的で内壁表面を絶縁材で覆った、高周波を印加して反応室内にプラズマを生成させ、試料を印加した試料台に第 2 の高周波を印加し試料へのイオンエネルギーを制御して試料をプラズマ処理する処理装置に用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【0044】

【図 1】 本発明にかかるプラズマ処理装置の構成の概要を説明する概念図。

【図 2】 導電材取付位置を説明する図。

【図 3】 本発明にかかる導電材を設置した場合の反応室内壁表面電位波形。

【図 4】 反応室内デポのアルミニウム量と導電材面積との関係図。

【図 5】 導電材の取り付け構造を説明する図。

【図 6】 導電材を設置しない場合の反応室内壁表面電位波形。

【図 7】 反応室内壁に設けた誘電体保護膜の働きを説明する図。

【図 8】 プラズマ電位とイオンスパッタとの関係を説明する図。

【図 9】 プラズマ電位分布を説明する図。

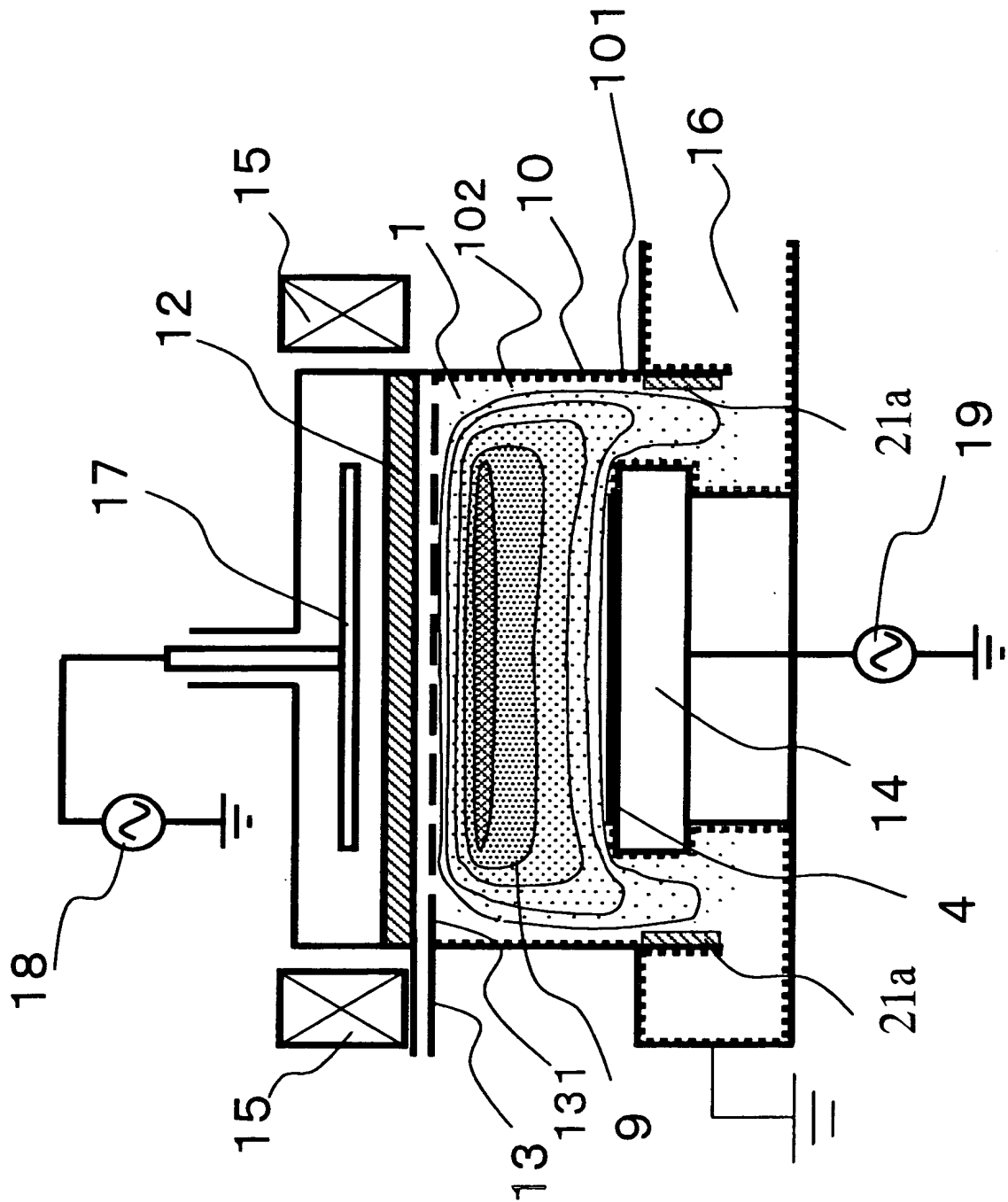
【符号の説明】

【0045】

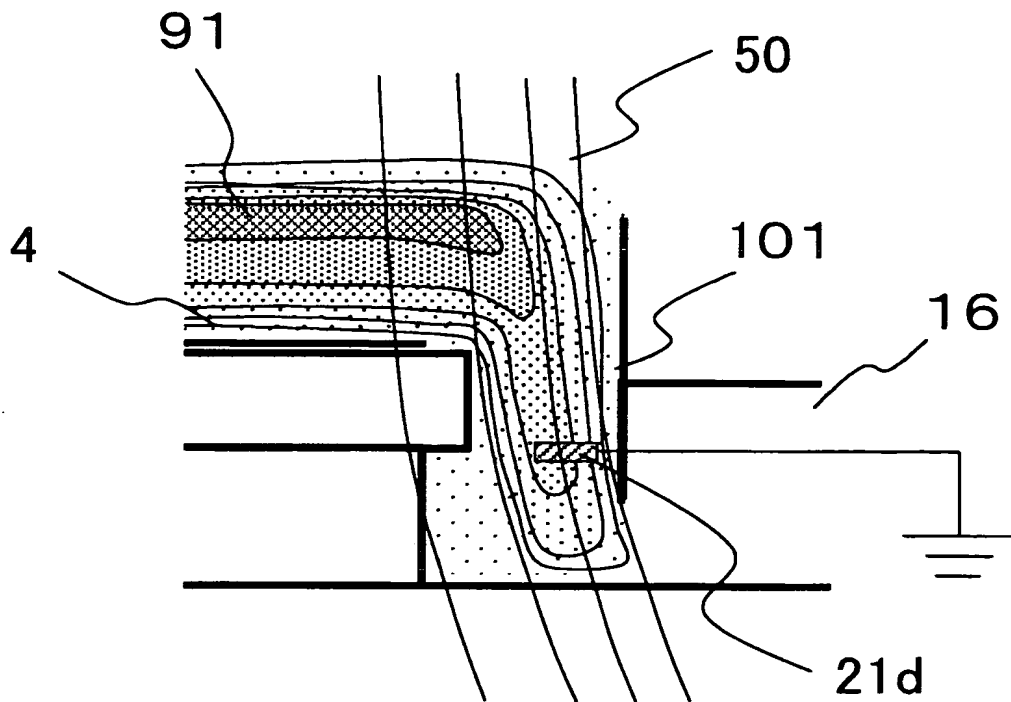
- 1 反応室
- 10 反応室容器
- 101 反応室内壁
- 102 絶縁材質
- 12 誘電体真空窓
- 13 ガス放出板
- 131 ガス放出穴
- 14 ウエハ保持電極
- 15 磁場コイル
- 16 真空排気口
- 17 プラズマ生成用高周波電極
- 18 プラズマ生成用高周波電源
- 19 ウエハバイアス用高周波電源
- 21 導電材
- 31 導電材ネジ
- 32 導電材
- 33 導電材
- 4 ウエハ
- 50 磁力線
- 9 プラズマ

9 1 等プラズマ密度線

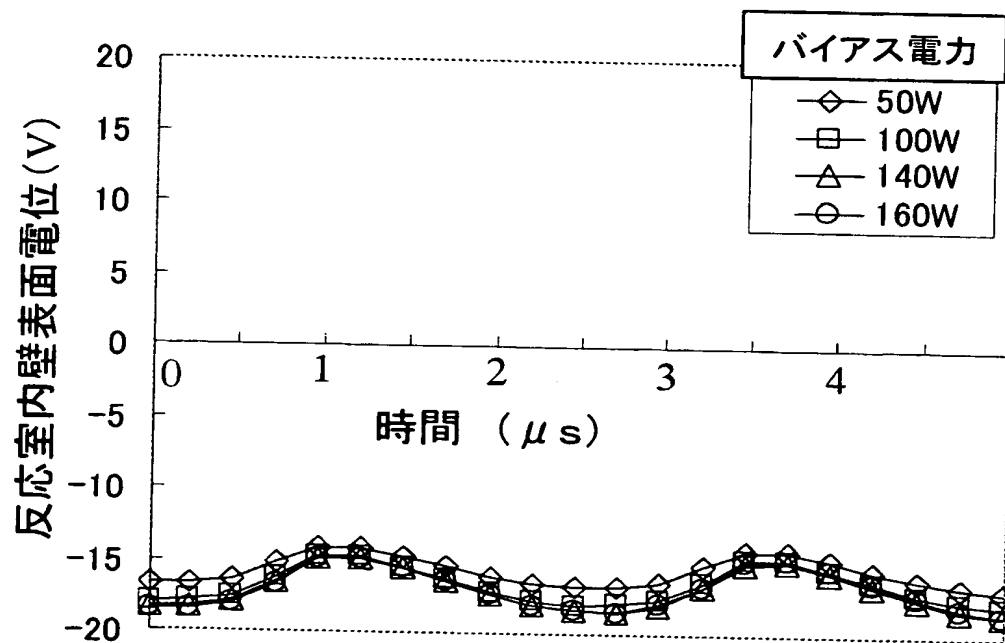
【書類名】 図面
【図 1】



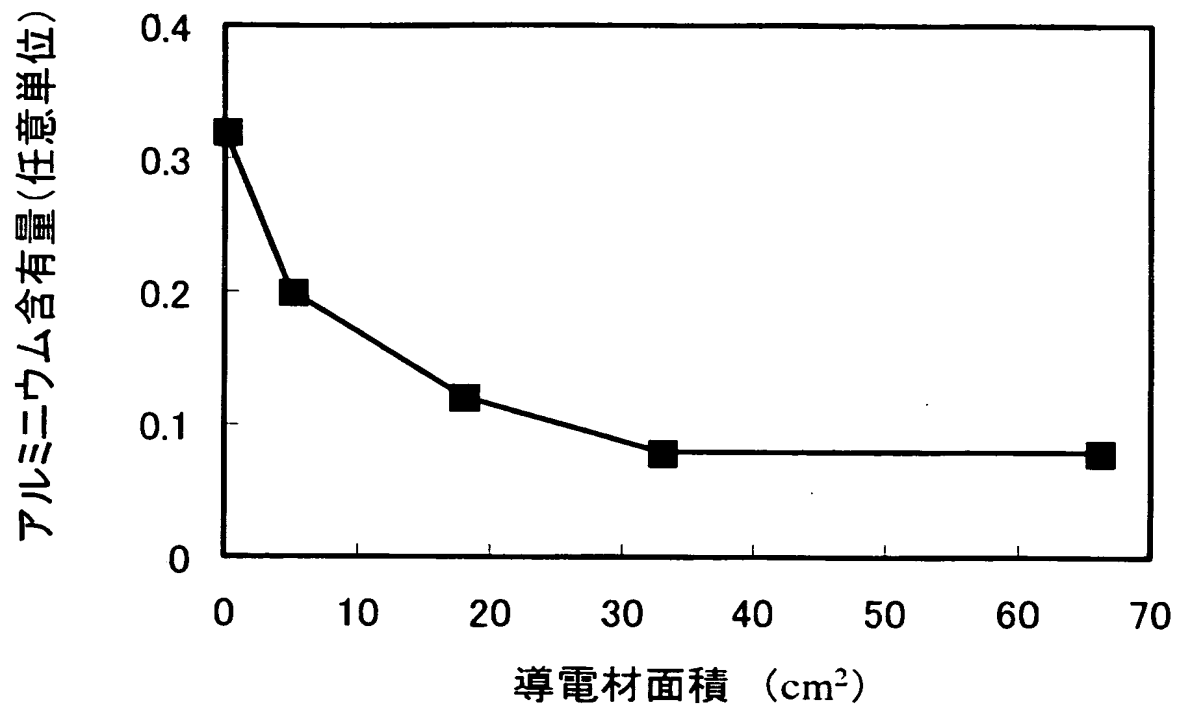
【図 2】



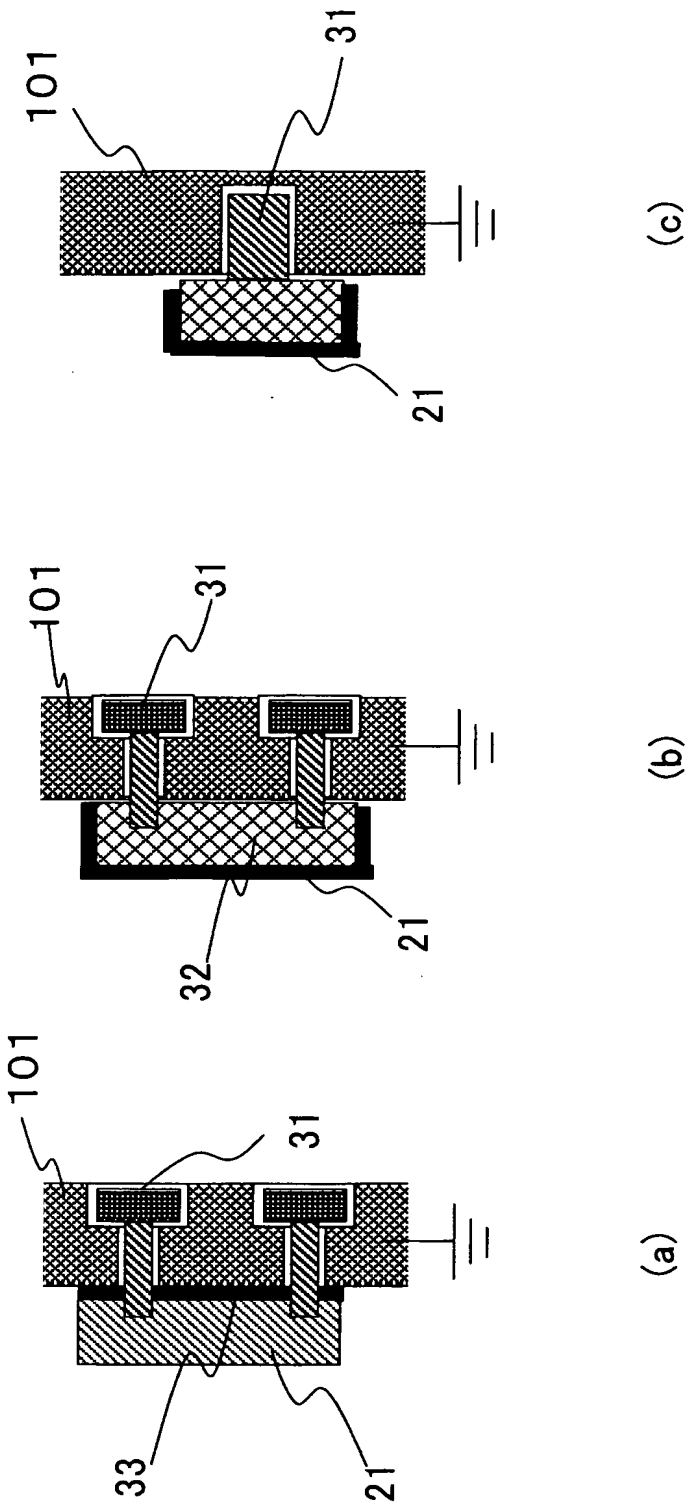
【図 3】



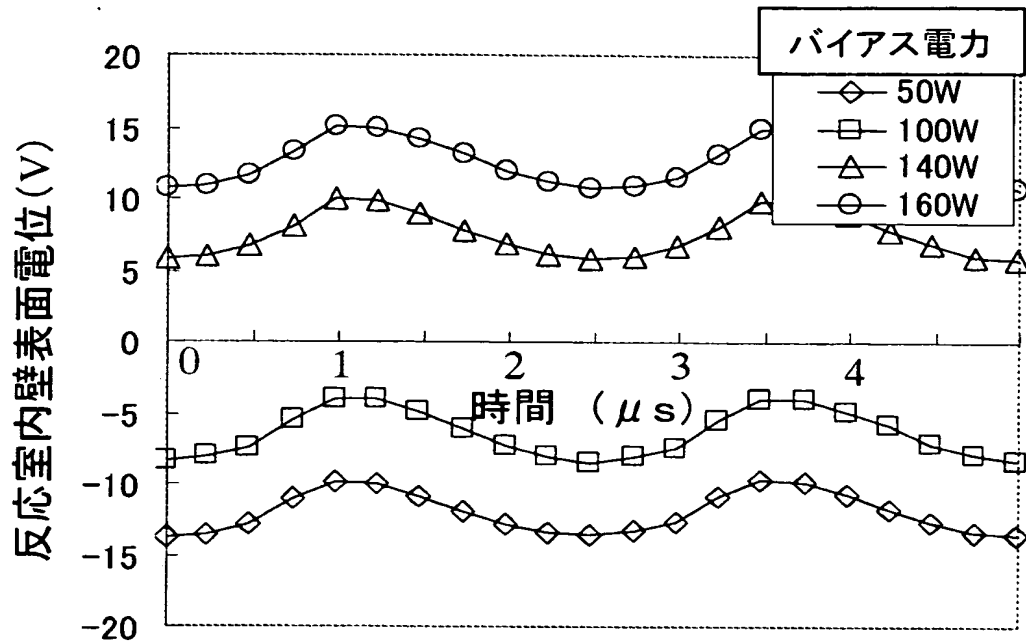
【図 4】



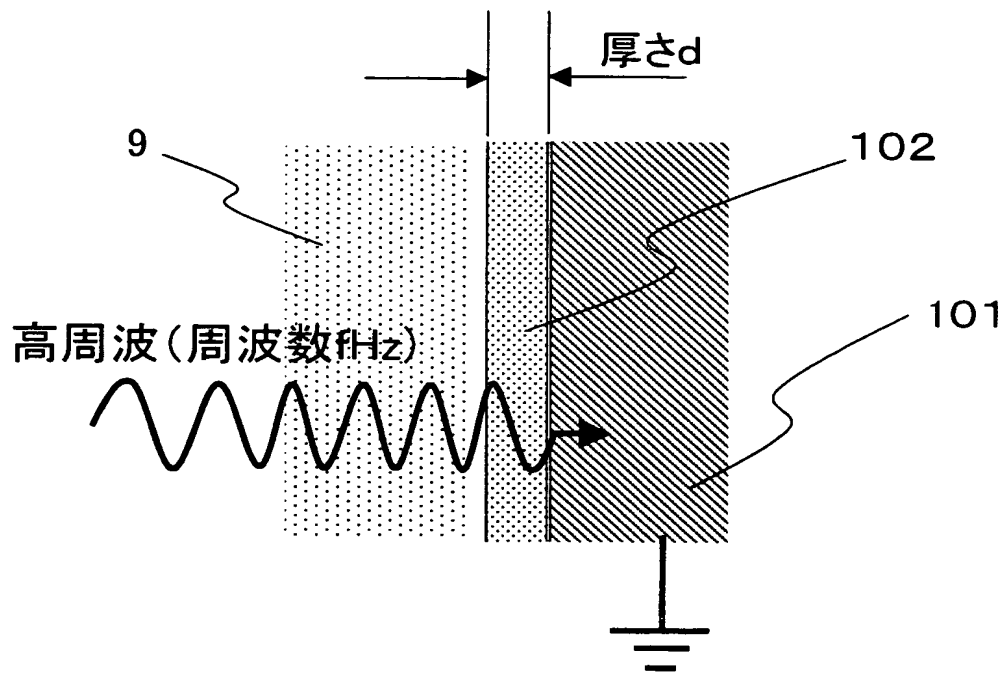
【図 5】



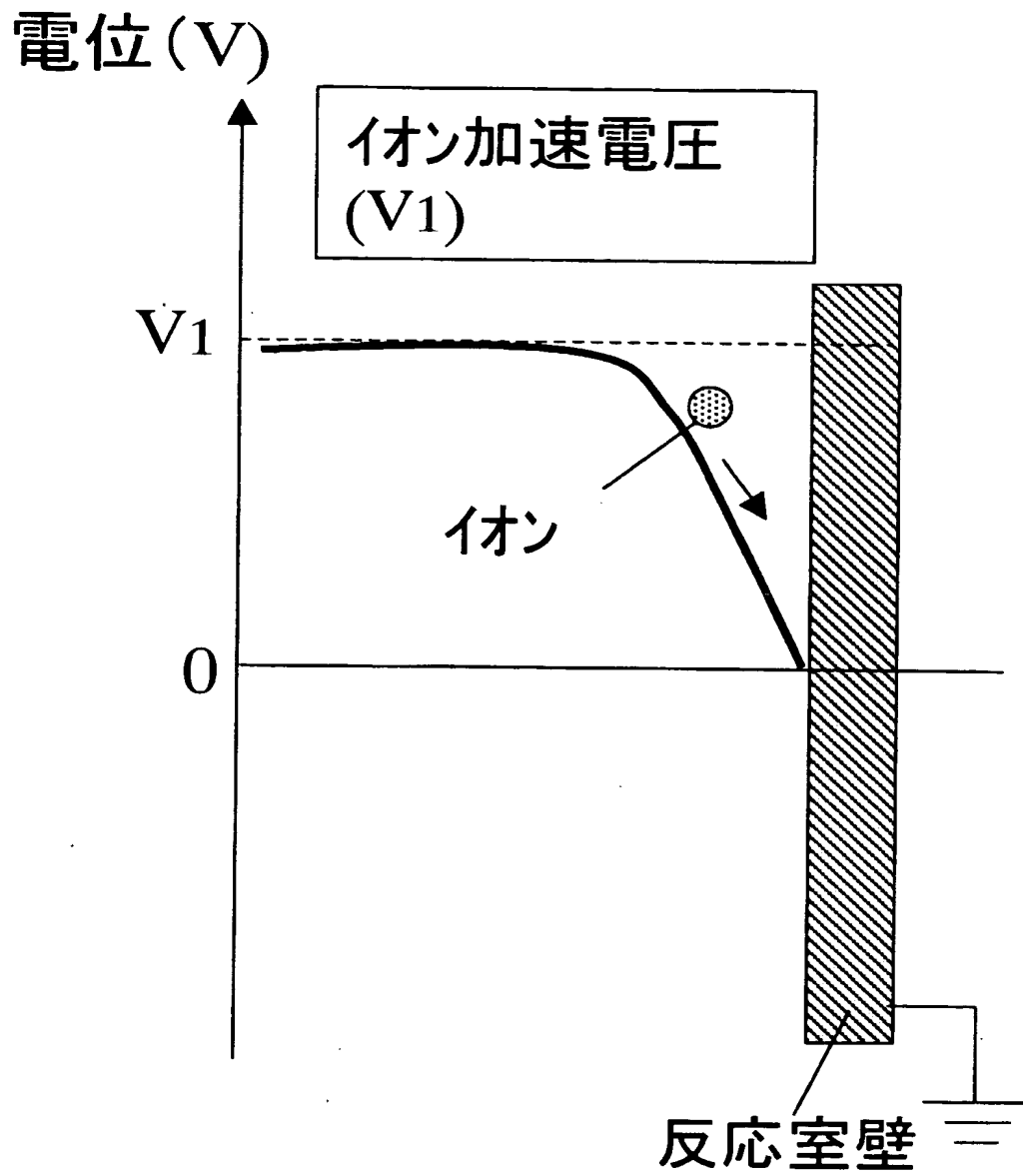
【図 6】



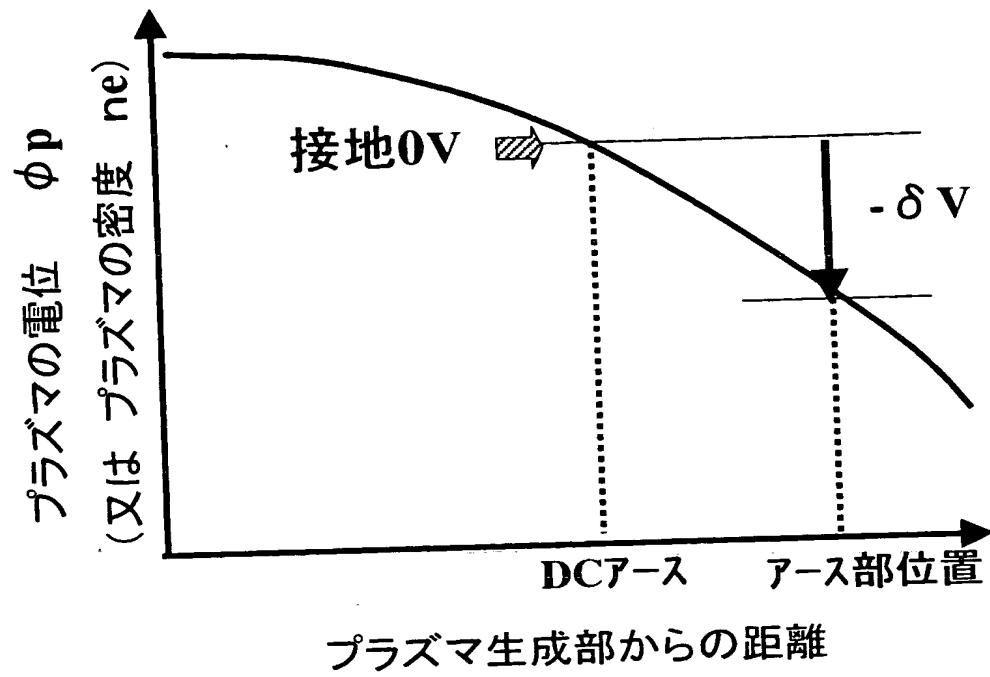
【図 7】



【図8】



【図9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 プラズマを不安定にすることなく反応容器からの不純物混入を低減することができるプラズマ処理装置および処理方法を提供する。

【解決手段】 反応室 1 内壁 1 0 1 側壁の 9 0 % 以上の面積を誘電体 1 0 2 で被覆し、前記内壁 1 0 1 側壁の 1 0 % 以下の面積を有しプラズマから直流電流が流れる構造である接地された導電材 2 1 a を備えたプラズマ処理装置において、壁削れが比較的大きいウエハ保持電極 1 4 に近い位置のプラズマ 9 の浮遊電位（またはプラズマ密度）よりもプラズマ浮遊電位（またはプラズマ密度）が高い位置に導電材 2 1 からなる D C アースを設置する。

【選択図】 図 1

特願 2003-425594

出願人履歴情報

識別番号

[000005108]

1. 変更年月日

1990年 8月31日

[変更理由]

新規登録

住所

東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

氏名

株式会社日立製作所

特願 2 0 0 3 - 4 2 5 5 9 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[5 0 1 3 8 7 8 3 9]

1. 変更年月日

2 0 0 1 年 1 0 月 3 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区西新橋一丁目 2 4 番 1 4 号

氏 名

株式会社日立ハイテクノロジーズ